

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-334223

(43)Date of publication of application : 22.12.1995

(51)Int.Cl. G05B 19/4103
G05B 19/18
G05B 19/4155

(21)Application number : 06-128511 (71)Applicant : FANUC LTD

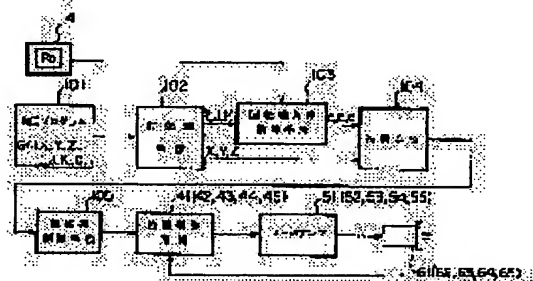
(22)Date of filing : 10.06.1994 (72)Inventor : OTSUKI TOSHIAKI
KOZAI HARUHIKO
EGUCHI RYOJI

(54) TOOL SPINDLE ATTITUDE CONTROL SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily command the attitude of a tool spindle with respect to the tool spindle attitude control system for a numerical control machine tool to work a work while inclining the tool spindle on a three-dimensional space.

CONSTITUTION: A preprocessing means 102 reads out a working program 101 and decodes a tool spindle attitude control mode and a tool spindle attitude vector command. While using tool spindle attitude vector commands (I, J and K) transmitted from the preprocessing means 102 in the tool spindle attitude control mode, a spindle rotating angle arithmetic means 103 calculates the respective rotating angles of rotary spindles to decide the attitude of a tool spindle. This arithmetic is performed according to a prescribed operation expression decided by a parameter Pa set for each machine constitution pattern of the numerical control machine tool. An interpolating means 104 reads the rotating angle of two rotary spindles, performs interpolation for operating two rotary spindles just at that rotating angle and interpolates X, Y and Z axes. A programmer can easily perform programming for three-dimensional working only by commanding the tool spindle attitude vector commands (I, J and K).



LEGAL STATUS

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-334223

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 5 B 19/4103
19/18
19/4155

G 0 5 B 19/ 415
19/ 18

E
C

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-128511

(22)出願日 平成6年(1994)6月10日

(71)出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72)発明者 大槻 俊明

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 香西 治彦

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 江口 亮二

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

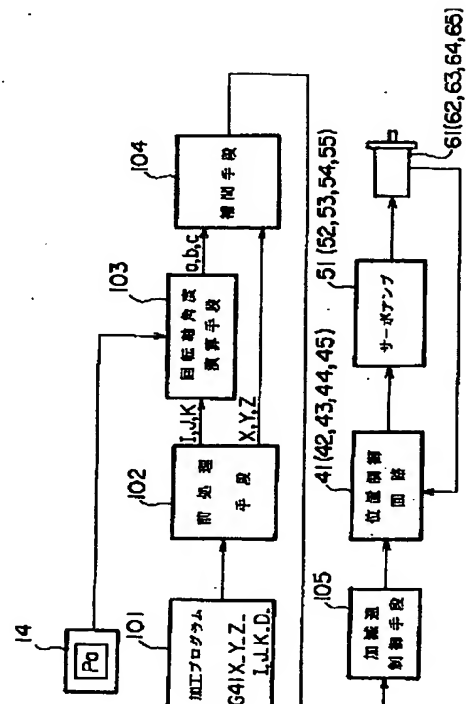
(74)代理人 弁理士 服部 毅蔵

(54)【発明の名称】 工具軸姿勢制御方式

(57)【要約】

【目的】 工具軸を3次元空間上に傾斜させてワークを加工する数値制御工作機械での工具軸姿勢制御方式に関し、工具軸の姿勢を簡単に指令することができるようにする。

【構成】 前処理手段102は加工プログラム101を読み出し、工具軸姿勢制御モード及び工具軸姿勢ベクトル指令を解読する。軸回転角度演算手段103は、工具軸姿勢制御モード時に前処理手段102から送られてきた工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)を用いて、工具軸の姿勢を決定する回転軸の各回転角度を演算する。この演算は、数値制御工作機械の機械構成パターン毎に設定されたパラメータPaによって決められる所定の演算式に従って行われる。補間手段104は、回転軸2軸の回転角度を読み取り、その回転角度だけ回転軸2軸を動作させるための補間及びX, Y及びZ軸の補間を行う。プログラマは、工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)を指令するので、3次元加工のためのプログラムを簡単にすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 工具軸を 3 次元空間上に傾斜させてワークを加工する数値制御工作機械での工具軸の姿勢を制御する工具軸姿勢制御方式において、
工具軸姿勢制御モード指令及び工具軸姿勢ベクトル指令を加工プログラムから読み取り、解釈する前処理手段と、
前記工具軸姿勢制御モード指令時に、前記工具軸姿勢ベクトル指令から工具軸の姿勢を決定する回転軸の各回転角度を演算する軸回転角度演算手段と、
工具を移動目標位置に移動させるための補間と、前記回転軸の回転角度を補間する補間手段と、
を有することを特徴とする工具軸姿勢制御方式。

【請求項 2】 前記回転軸角度演算手段は、前記数値制御工作機械での機械構成パターンを読み取り、前記機械構成パターン毎に設定された所定の演算式に従って前記回転軸の各回転角度を演算することを特徴とする請求項 1 記載の工具軸姿勢制御方式。

【請求項 3】 前記機械構成パターンは回転軸を A 軸及び C 軸とすることを特徴とする請求項 2 記載の工具軸姿勢制御方式。

【請求項 4】 前記機械構成パターンは回転軸を B 軸及び C 軸とすることを特徴とする請求項 2 記載の工具軸姿勢制御方式。

【請求項 5】 前記機械構成パターンは回転軸を A 軸及び B 軸とし、工具軸を X 軸とすることを特徴とする請求項 2 記載の工具軸姿勢制御方式。

【請求項 6】 前記機械構成パターンは回転軸を A 軸及び B 軸とし、前記 B 軸をマスタ軸とする請求項 2 記載の工具軸姿勢制御方式。

【請求項 7】 前記機械構成パターンは回転軸を A 軸及び B 軸とし、A 軸をマスタ軸とすることを特徴とする請求項 2 記載の工具軸姿勢制御方式。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は数値制御工作機械での工具軸姿勢制御方式に関し、特に工具軸を 3 次元空間上に傾斜させてワークを加工する際の工具軸姿勢制御方式に関する。

【0002】

【従来の技術】 数値制御工作機械では、複雑な型等を加工する場合、工具をワークに対して任意の方向に傾けることにより、傾斜面加工を行っている。このような 3 次元加工には、通常互いに直交する基本 3 軸と回転軸 2 軸を有する 5 面加工機が使用される。

【0003】 この 5 面加工機において、工具軸をワークに対して一定の傾斜を持たせた状態で切削を行うには、加工プログラムを作成する段階で、工具軸の姿勢（方向）を決定すると共に、その姿勢を取るために必要な回転軸 2 軸の各回転角度を計算で求め、その回転角度を加

工プログラムで指令する必要がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、このような指令は、計算も複雑で、時間と労力を必要としていた。また、この指令は工具軸の姿勢が変化する度に計算する必要があり、自動プログラミング装置等で計算する必要があった。

【0005】 本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、工具軸の姿勢を簡単に指令することができる工具軸姿勢制御方式を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明では上記課題を解決するために、工具軸を 3 次元空間上に傾斜させてワークを加工する数値制御工作機械での工具軸の姿勢を制御する工具軸姿勢制御方式において、工具軸姿勢制御モード指令及び工具軸姿勢ベクトル指令を加工プログラムから読み取り、解釈する前処理手段と、前記工具軸姿勢制御モード指令時に、前記工具軸姿勢ベクトル指令から工具軸の姿勢を決定する回転軸の各回転角度を演算する軸回転角度演算手段と、工具を移動目標位置に移動させるための補間と、前記回転軸の回転角度を補間する補間手段と、を有することを特徴とする工具軸姿勢制御方式が、提供される。

【0007】

【作用】 前処理手段は工具軸姿勢制御モード指令及び工具軸姿勢ベクトル指令を加工プログラムから読み取り、解釈する。軸回転角度演算手段は工具軸姿勢制御モード指令時に、工具軸姿勢ベクトル指令から工具軸の姿勢を決定する回転軸の各回転角度を演算する。補間手段は工具を移動目標位置に移動させるための補間と、回転軸 2 軸の回転角度を補間する。

【0008】 これによって、プログラマは工具軸姿勢ベクトル指令（I, J, K）を指令するのみで、工具軸の姿勢を簡単に指令できる。

【0009】

【実施例】 以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。図 1 は本発明の工具軸姿勢制御方式の構成を示すブロック図である。図中の各手段 102, 103, 104 及び 105 は、後述する数値制御装置（CNC）のプロセッサがソフトウェアに従って実行する機能である。ここで、対象とする数値制御工作機械は、工具の位置を決定する座標系は、互いに直交する X, Y, Z の基本 3 軸である。また、工具軸の姿勢を制御する軸は回転軸 A, B, C のうちの 2 軸である。

【0010】 前処理手段 102 は加工プログラム 101 から、工具の移動目標位置データ X, Y, Z、工具軸姿勢制御モード及び工具軸姿勢ベクトル指令（I, J, K）を読み取る。

【0011】 回転軸角度演算手段 103 は、工具軸姿勢制御モード時に前処理手段 102 から送られてきた工具

軸姿勢ベクトル指令から工具軸の姿勢を決定する回転軸2軸(A, B, C軸のうちの2軸)の各回転角度を演算する。この演算は、後述する数値制御工作機械の機械構成パターン毎に設定された所定の演算式に従って行われる。機械構成パターンPaは、予め不揮発性メモリ14に格納されている。

【0012】補間手段104は、上記演算で得られた回転軸2軸の回転角度(a, b, cのうちの2つ)を読み取り、その回転角度だけ回転軸2軸を回転させる補間及び補間の移動目標位置X, Y, Zに工具を移動させる補間を行い補間パルスを出力する。

【0013】補間分配パルスは、加減速制御手段105で加減速され、位置制御回路(軸制御回路)41に送られる。位置制御回路41は、補間パルスを速度制御信号に変換し、サーボアンプ51に送る。サーボアンプ51は、速度制御信号を増幅し、サーボモータ61を駆動する。工具は、サーボモータ61の駆動に応じて移動目標位置に移動すると共に、その移動目標位置において工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)で指令された姿勢を取る。サーボモータ61には、位置検出用のパルスコードが内蔵されており、位置制御回路41に位置帰還パルスをフィードバックする。

【0014】図1では位置制御回路41、サーボアンプ51、サーボモータ61は1軸分のみしか表していないが、実際は図2に示すように5軸分設けられる。図2は本発明が適用されるCNCのハードウェアのブロック図である。図において、10はCNCである。プロセッサ11はCNC10全体の制御の中心となるプロセッサであり、バス21を介して、ROM12に格納されたシステムプログラムを読み出し、このシステムプログラムに従って、CNC10全体の制御を実行する。RAM13には一時的な計算データ、表示データ等が格納される。RAM13にはSRAMが使用される。不揮発性メモリ14はCMOSからなり、本発明に係る機械構成用パラメータPaなどの各種パラメータや加工プログラムが格納される。不揮発性メモリ14は、図示されていないバッテリーでバックアップされ、CNC10の電源がオフされても、それらのデータはそのまま保持される。

【0015】インタフェース15は外部機器用のインタフェースであり、紙テープリーダ、紙テープパンチャー、紙テープリーダ・パンチャー等の外部機器91が接続される。紙テープリーダからは加工プログラムが読み込まれ、また、CNC10内で編集された加工プログラムを紙テープパンチャーに出力することができる。

【0016】PMC(プログラマブル・マシン・コントローラ)16はCNC10に内蔵され、ラダー形式で作成されたシーケンスプログラムにより工作機械を制御する。すなわち、加工プログラムで指令された、M機能、S機能及びT機能に従って、これらをシーケンスプログラムで、機械側で必要な信号に変換し、I/Oユニット

17から機械側に出力する。この出力信号は機械側のマグネット等を駆動し、油圧バルブ、空圧バルブ及び電気アクチュエータ等を作動させる。また、機械側のリミットスイッチ及び機械操作盤のスイッチ等の信号を受けて、必要な処理をして、プロセッサ11に渡す。

【0017】CRT/MDIユニット25へは各軸の現在位置、移動量等のデータが送られて表示される。また、CRT/MDIユニット25内のキーボードからのデータ入力信号がインタフェース19に送られ、バス21を経由してプロセッサ11に渡される。

【0018】インタフェース20は手動パルス発生器32に接続され、手動パルス発生器32からのパルスを受ける。手動パルス発生器32は機械操作盤に実装され、手で機械稼働部を精密に位置決めするのに使用される。

【0019】軸制御回路41~45はプロセッサ11からの各軸の移動指令を受けて、各軸の指令をサーボアンプ51~55に出力する。サーボアンプ51~55はこの移動指令を受けて、各軸のサーボモータ61~65を駆動する。サーボモータ61~65には位置検出用のパルスコードが内蔵されており、このパルスコードから位置信号がパルス列としてフィードバックされる。場合によっては、位置検出器として、リニアスケールが使用される。また、このパルス列をF/V(周波数/速度)変換することにより、速度信号を生成することができる。図ではこれらの位置信号のフィードバックライン及び速度フィードバックは省略してある。

【0020】スピンドル制御回路71はスピンドル回転指令及びスピンドルのオリエンテーション等の指令を受けて、スピンドルアンプ72にスピンドル速度信号を出力する。スピンドルアンプ72はこのスピンドル速度信号を受けて、スピンドルモータ73を指令された回転速度で回転させる。また、オリエンテーション指令によって、所定の位置にスピンドルを位置決めする。

【0021】スピンドルモータ73には歯車あるいはベルトでポジションコード82が結合されている。従って、ポジションコード82はスピンドルモータ73に同期して回転し、帰還パルスを出力し、その帰還パルスはインタフェース81を経由して、プロセッサ11によって、読み取られる。この帰還パルスは他の軸をスピンドルモータ73に同期して移動させ、精密なタッピング加工等を可能にする。

【0022】次に、本発明に係る工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)から回転軸2軸の回転角度を演算する手法について説明する。この演算は、上述したように数値制御工作機械の機械構成によって異なるので、機械構成毎に分けて説明する。

【0023】機械構成は回転軸2軸の種別及び工具軸方向によって下記の5つのパターンに分けられる。

(1) 基本3軸=X, Y, Z軸、回転軸2軸=A, C

軸、工具軸=Z軸

(2) 基本3軸=X, Y, Z軸、回転軸2軸=B, C軸、工具軸=Z軸

(3) 基本3軸=X, Y, Z軸、回転軸2軸=A, B軸、工具軸=X軸

(4) 基本3軸=X, Y, Z軸、回転軸2軸=A, B軸(B軸をマスタ軸とする)、工具軸=Z軸

(5) 基本3軸=X, Y, Z軸、回転軸2軸=A, B軸(A軸をマスタ軸とする)、工具軸=Z軸

次に機械構成パターン(1)の場合を説明する。

【0024】図3は機械構成パターン(1)の場合の機械構成の模式図である。図において、工具3には、互いに直交するX, Y, Zの基本3軸から成る座標系、並びに工具軸の姿勢を制御するA軸及びC軸の回転軸がある。工具3は工具取り付け部1下端にO点が回転中心となるように取り付けられる。ここで、工具3でワーク2の傾斜面2aを加工するものとする。加工プログラムでは、工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)を指令する。一般に、工具軸姿勢ベクトル指令は傾斜面2aに垂直となる。

【0025】工具軸姿勢ベクトル指令が指令されると、詳細は後述する所定の演算式にこの工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)を代入し、A軸の回転角度a及びC軸の回転角度cをそれぞれ求める。

【0026】点Oを原点とする座標系において、C軸が角度cだけ回転し、さらにその状態からA軸が角度aだけ回転すると、工具3の工具軸方向は一点鎖線で示した方向になる。このとき、工具軸は、ワーク2の傾斜面2aに対して垂直な姿勢をとる。なお、実際の加工プログラムでは以下のように指令される。

【0027】

G41 Xp_Yp_Zp_I_J_K_D_;

Xp: X軸の移動量

Yp: Y軸の移動量

Zp: Z軸の移動量

D: 工具番号

I, J, K: 工具軸姿勢ベクトル指令

このGコードの指令によって、工具3はXp, Yp, Zpの座標位置に移動し、工具3a軸は工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)で決まる方向を向く。

【0028】図4は機械構成パターン(1)の場合の回転角度a及びcの求め方を示す図である。機械構成パターン(1)の場合、回転軸2軸はA及びC軸であり、工具軸はZ軸である。この場合、工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)が指令されると、A軸の回転角度a及びC軸の回転角度cは、

$$a = \arctan \left[(I^2 + J^2)^{1/2} / K \right]$$

$$c = \arctan (I / -J)$$

で求まる。

【0029】このように、加工プログラムで工具軸姿勢

ベクトル指令(I, J, K)を指令するのみで、回転軸A, Cの回転角度a, cが自動的に求められ、工具3はワーク2の傾斜面2aに垂直な姿勢を取ることができる。したがって、プログラマは複雑な回転軸の回転角度計算を行う必要がなく、3次元加工のためのプログラミング作業を簡単にかつ短時間で完了させることができる。また、工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)は一般に図面に傾斜等でその数値が示されているので、それらの値を使用することができる。

【0030】図5は機械構成パターン(2)の場合の回転軸B軸及びC軸の回転角度b及びcの求め方を示す図である。なお、この機械構成パターン(2)は図3及び図4に示す機械構成パターン(1)の回転軸A, Cが回転軸B, Cになっているのみである。したがって、B軸の回転角度b及びC軸の回転角度cは、以下の式で求めることができる。

$$b = \arctan \left[(I^2 + J^2)^{1/2} / K \right]$$

$$c = \arctan (J / I)$$

図6は機械構成パターン(3)の場合の機械構成の模式図である。図において、工具31には、互いに直交する破線で示したX, Y, Zの基本3軸から成る座標系、並びにA軸及びB軸の回転軸が設定される。工具31は工具取り付け部1a先端にO1点が回転中心となるように取り付けられる。このような機械構成パターン(3)の場合、A軸が角度aだけ回転し、さらにその状態からB軸が角度bだけ回転すると、工具31の工具軸31aは工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)で決まる方向をとる。そして、工具軸31aはワーク2bの傾斜面2bに垂直となる。

【0032】図7は機械構成パターン(3)の場合の回転角度a及びbの求め方を示す図である。機械構成パターン(3)の場合、回転軸2軸はA及びB軸であり、工具軸はX軸である。この場合、工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)が指令されると、A軸の回転角度a及びB軸の回転角度bは、以下の式で求められる。

$$a = \arctan (J / -K)$$

$$b = \arctan \left[(J^2 + K^2)^{1/2} / I \right]$$

図8は機械構成パターン(4)の場合の機械構成の概略構成図である。図において、工具32には、互いに直交する破線で示したX, Y, Zの基本3軸から成る座標系、並びにA軸及びB軸の回転軸が設定される。工具32はロータリヘッド33にO2点が回転中心となるように、かつZ軸方向が工具軸方向となるように取り付けられる。また、B軸がマスタ軸となるように取り付けられる。

【0034】A軸が角度aだけ回転し、さらにその状態からB軸が角度bだけ回転すると、工具32の工具軸32aは工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)で決まる方向をとることになる。そして、工具軸32aはワーク2cの傾斜面2caに垂直になる。

【0035】図9は機械構成パターン(4)の場合の回転角度 α 及び β の求め方を示す図である。機械構成パターン(4)の場合、回転軸2軸はA及びB軸であり、工具軸はZ軸である。またマスタ軸はB軸である。この場合、工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)が指令されると、A軸の回転角度 α 及びB軸の回転角度 β は以下の式で求めることができる。

$$\alpha = \arctan \left[-J / (I^2 + K^2)^{1/2} \right]$$

$$\beta = \arctan (I / K)$$

図10は機械構成パターン(5)の場合の機械構成の概略構成図である。図において、工具34には、互いに直交するX, Y, Zの基本3軸から成る座標系、並びにA軸及びB軸の回転軸が設定される。工具34はロータリヘッド35にO3点が回転中心となるように取り付けられ、かつZ軸方向が工具軸方向となるように取り付けられる。また、A軸がマスタ軸となるように取り付けられる。

【0037】B軸が角度 β だけ回転し、さらにその状態からA軸が角度 α だけ回転すると、工具34の工具軸34aは工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)で決まる姿勢をとる。そして、工具軸31aはワーク2dの傾斜面2daに垂直になる。

【0038】図11は機械構成パターン(5)の場合の回転角度 α 及び β の求め方を示す図である。機械構成パターン(5)の場合、回転軸2軸はA及びB軸であり、工具軸はZ軸である。またマスタ軸はA軸である。この場合、工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)が指令されると、A軸の回転角度 α 及びB軸の回転角度 β は以下の式で求めることができる。

$$\alpha = \arctan (-J / K)$$

$$\beta = \arctan \left[I / (J^2 + K^2)^{1/2} \right]$$

図12は本発明の工具軸姿勢制御方式を実行するためのフローチャートである。図中Sに続く数字はステップ番号を表す。

〔S1〕工具軸姿勢制御モードかどうかを判別する。工具軸姿勢制御モードであれば次のステップS2に進み、そうでなければ処理を終了する。工具軸姿勢制御モードは、G41とI, J, Kの指令が同一ブロックに指令されていることにより判別する。

〔S2〕機械構成パターンを機械構成用パラメータPaによって認識する。

〔S3〕回転軸2軸の回転角度を演算して求める。

〔S4〕回転角度を補間し、工具への動作指令(補間パルス)を出力する。

【0040】上記の説明では、工具3の姿勢をワーク2の傾斜面2aと垂直になるように工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)で指令したが、必ずしも垂直に指定する必要はなく、これと異なる工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)を指令してもよい。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、工具軸姿勢ベクトル指令(I, J, K)によって、工具軸の姿勢を指令するようにしたので、プログラマは複雑な計算をすることなく、簡単に加工プログラムの作成ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の工具軸姿勢制御方式の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明が適用されるCNCのハードウェアのブロック図である。

【図3】機械構成パターン(1)の場合の機械構成の模式図である。

【図4】機械構成パターン(1)の場合の回転角度 α 及び β の求め方を示す図である。

【図5】機械構成パターン(2)の場合の回転角度 β 及び γ の求め方を示す図である。

【図6】機械構成パターン(3)の場合の機械構成の模式図である。

【図7】機械構成パターン(3)の場合の回転角度 α 及び β の求め方を示す図である。

【図8】機械構成パターン(4)の場合の機械構成の概略構成図である。

【図9】機械構成パターン(4)の場合の回転角度 α 及び β の求め方を示す図である。

【図10】機械構成パターン(5)の場合の機械構成の概略構成図である。

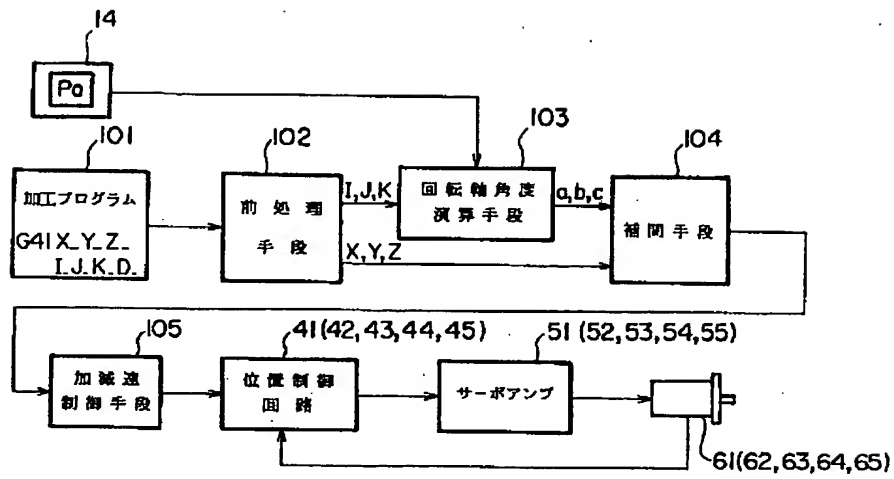
【図11】機械構成パターン(5)の場合の回転角度 α 及び β の求め方を示す図である。

【図12】本発明の工具軸姿勢制御方式を実行するためのフローチャートである。

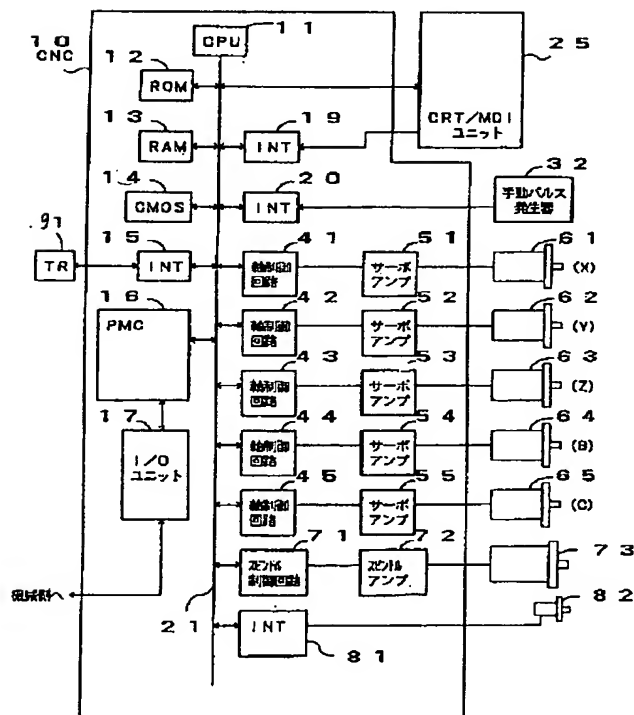
【符号の説明】

- 1, 1a 工具取り付け部
- 2 ワーク
- 2a ワークの傾斜面
- 3, 31, 32, 34 工具
- 10 数値制御装置(CNC)
- 11 プロセッサ
- 12 ROM
- 13 RAM
- 14 不揮発性メモリ
- 41, 42, 43, 44, 45 位置制御回路(軸制御回路)
- 51, 52, 53, 54, 55 サーボアンプ
- 61, 62 63, 64, 65 サーボモータ
- 101 加工プログラム
- 102 前処理手段
- 103 回転軸角度演算手段
- 104 補間手段
- 105 加減速制御手段
- Pa 機械構成用パラメータ

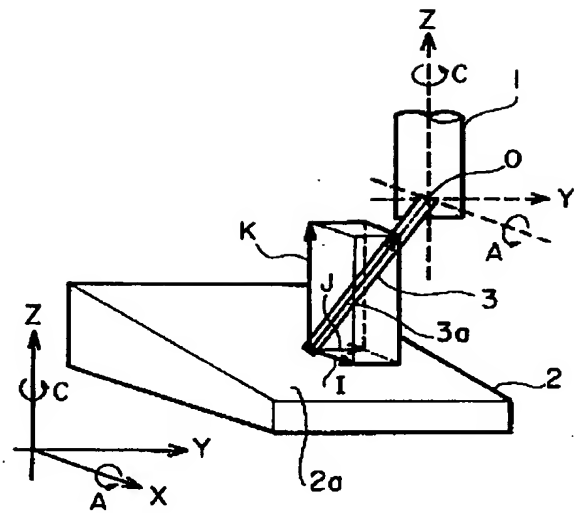
【図1】



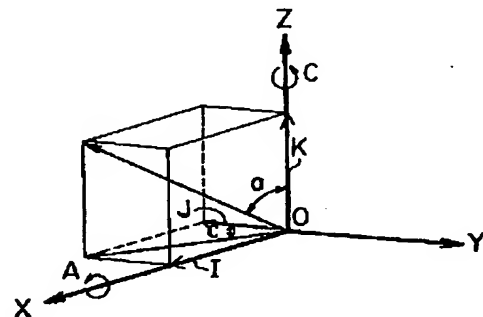
【図2】



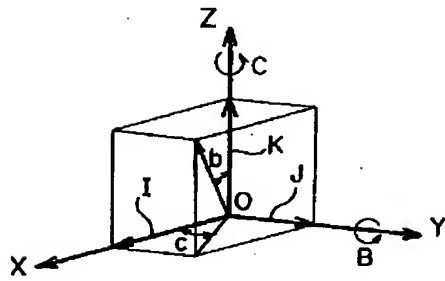
【図3】



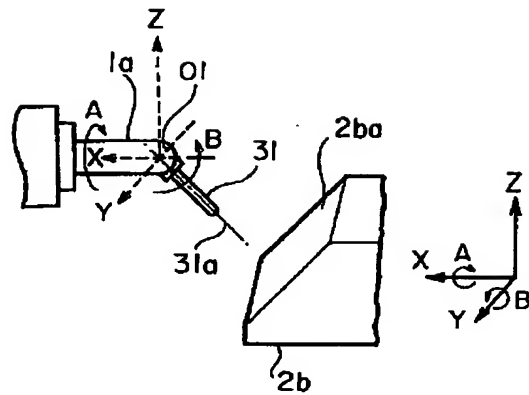
【図4】



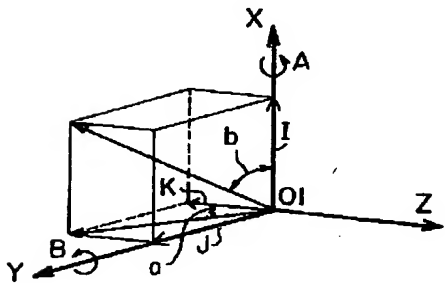
【図5】



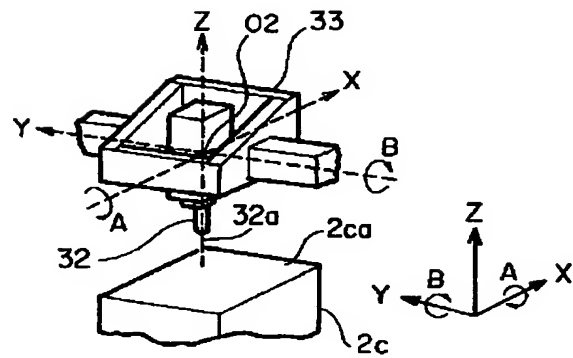
【図6】



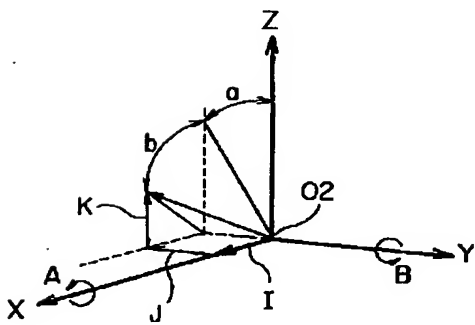
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

